

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля  
Направление подготовки (специальность) Приборостроение  
Кафедра Точного приборостроения

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Курсовая система самолета</b>

УДК 629.73.06: 681.586.7.001.6

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Потехин Михаил Евгеньевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гурин Л.Б.	доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. менедж. ИСГТ	Николаенко В.С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф.ЭБЖ ИНК	Мезенцева И.Л.			

По разделу «Вопросы технологии»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков А.Н.	к.т.н., доцент		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Бориков В.Н.	Доктор техн. наук		

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

## «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт Неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность) Приборостроение

Кафедра Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ Бориков В.Н.  
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Потехину Михаилу Евгеньевичу

Тема работы:

Курсовая система самолета	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b> (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Система для определения угла курса самолета Погрешность определения в режиме ГПК 2 град/час, в режиме МК $\pm 1,5^\circ$ Углы крена и тангажа $\leq 70^\circ$ Скорость полета самолета 900 км/час Диапазон широт в режиме МК до $80^\circ$ Диапазон температур $-60...+50^\circ\text{C}$ Время готовности 5 мин Питание 36 В, 400 Гц, постоянное +27 В
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Анализ схем курсовых систем Выбор гироагрегата Разработка схемы магнитной коррекции Разработка магнитного датчика, кинематическая схема, анализ работы Разработка конструкции магнитного датчика Разработка электрической схемы Заключение Технологический процесс изготовления крышки Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Социальная ответственность. Выводы по результатам работы.
<b>Перечень графического материала</b> (с точным указанием обязательных чертежей)	Структурная схема курсовой системы Конструкция магнитного датчика

		Электрическая схема Теоретический чертеж
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>		
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич	
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна	
Вопросы технологии	Гормаков Анатолий Николаевич	
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>		

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гурин Л.Б.	доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Потехин М.Е.		

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Потехину Михаилу Евгеньевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки позволяет говорить о том, что разработка считается перспективной и ее следует развивать.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование бюджета научных исследований состоит из: материальных затрат НИИ, затрат на спецоборудование для научных работ, затрат по основной заработной плате исполнителей работы, затрат по дополнительной заработной плате исполнителей работы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Составив таблицу сравнительной эффективности разработки, был сделан вывод о том, что наиболее (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, является исполнение 1.

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения НИ
3. График проведения и бюджет НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Потехин М.Е..		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2В	Потехину Михаилу Евгеньевичу

Институт	ИНК	Кафедра	ТПС
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Исследование курсовой системы самолета в режиме магнитной коррекции. Объектом исследования является магнитометрический датчик.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения  1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	1.1 Недостаточная освещенность рабочей зоны. Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны. Отклонение показателей микроклимата. 1.2 При работе с персональным компьютером, которые соединены с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары.
<b>2. Экологическая безопасность.</b>	Воздействие на окружающую среду сводиться к минимуму, загрязняющие вещества: использованная бумага; отходы, возникающие при утилизации люминесцентных ламп.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.</b>	Возможны чрезвычайные ситуации: пожары, ситуации природного характера и техническая характеристика
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.</b>	При работе с персональным компьютером, которые соединены с сетью напряжения, возможны электрические замыкания (удары) для персонала и пожары. Согласно нормам, установлены средства пожаротушения.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф.ЭБЖ ИНК	Мезенцева И.Л.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Потехин М.Е.		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «Вопросы технологии»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Б2В	Потехину Михаилу Евгеньевичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ТПС</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

### Исходные данные к разделу «Вопросы технологии»:

1. Годовая программа выпуска или размер партии	Единичное производство
2. Конструкторская документация на изделия	Чертежи общего вида, спецификация, рабочие чертежи деталей
3. ГОСТы, стандарты, нормали, справочники	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП и др.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Определение сборочного состава изделия 2. Оценка технологичности конструкции изделия 3. Разработка технологического процесса сборки изделия 4. Обоснование выбора материала и расчет потребного количества необходимого материала 5. Оценка технологичности детали «втулка». Разработка технологического процесса изготовления детали «втулка»	ГОСТ 2.004-88 ЕСКД ГОСТ 14.301—73 ЕСТПП. Справочник по материалам ГОСТы на сортаменты Справочник по допускам и посадкам Справочники по станочному оборудованию, оснастки и инструменту
---	--

### Перечень разработанной документации (с точным указанием обязательных чертежей):

Карта технологического процесса сборки. Карта технологического процесса изготовления детали.
---

### Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гормаков А.Н.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2В	Потехин Михаил Евгеньевич		

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность) Приборостроение

Уровень образования Бакалавриат

Кафедра Точного приборостроения

Период выполнения \_\_\_\_\_ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	<i>Проведение аналитического обзора</i>	
	<i>Выбор гироагрегата</i>	
	<i>Разработка схемы магнитной коррекции</i>	
	<i>Разработка магнитного датчика</i>	
	<i>Анализ работы</i>	
	<i>Разработка конструкции магнитного датчика</i>	
	<i>Разработка электрической схемы</i>	
	<i>Выводы по результатам работы</i>	
	<i>Выполнение раздела «Социальная ответственность»</i>	
	<i>Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</i>	
	<i>Оформление графического материала</i>	
	<i>Оформление расчетно-пояснительной записки</i>	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТПС	Гурин Л.Б..	доцент		

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. каф. ТПС, доцент	Бориков В.Н.	Д.Т.Н.		

## **1 Анализ схем курсовых систем.**

Борьба за высокую рентабельность воздушного транспорта и увеличение протяженности воздушных трасс требует прокладки маршрутов полётов самолётов по кратчайшим расстояниям – ортодромиям.

Осуществлять полёт по ортодромии значительно легче при наличии курсовых приборов, позволяющих определять ортодромический курс, выдерживая его на протяжении всего полёта.

Ортодромический курс непосредственно определяется двумя типами курсовых приборов – гиropolукомпасом и астрокомпасом.

Корректируемый гироскоп гиropolукомпаса, если на нём выставить ортодромический курс относительно меридиана исходного пункта маршрута, «запоминает» и в течение всего полёта сохраняет направление этого меридиана. Но это может быть достигнуто лишь при помощи коррекции гироскопа, учитывающей суточное вращение Земли вокруг своей оси.

Объединение гироскопов с индукционными или астрономическими датчиками компасами-корректорами позволило создать качественно новые системы измерения курса— курсовые системы.

В результате объединения с компасом гиropolукомпас (ГПК) приобретает свойство избирательности к меридиану и тем самым избавляется от своего основного недостатка. Но, улучшив свои качества в одном, он теряет свое преимущество в другом.

Основным достоинством ГПК является его способность определять ортодромический курс и обеспечивать полет по ортодромии в любых широтах земного шара и в любых условиях – днем и ночью.

При работе ГПК совместно с индукционным компасом он теряет свои свойства указателя ортодромии, так как повторяет показания магнитного курса, определяемого индукционным компасом. Знание магнитного курса позволяет осуществлять полеты только по локсодромии.

В настоящее время большинство курсовых систем работает в трех режимах: гиropolукомпаса, магнитной коррекции и астрокоррекции.



## Режим гирополукомпаса (ГПК).

В режиме ГПК (Рисунок 1) основным и единственным курсовым прибором является курсовой гироскоп, работу которого обеспечивает целый ряд узлов и систем. К ним относятся: датчик курса, система согласования, узел выставления курса, система выключения коррекции, система стабилизации гиروزла по крену.

В режимах ГПК курсовая система определяет и выдает ортодромический курс. Для выполнения этой задачи необходимо датчик курса гиросагрегата первоначально согласовать с меридианом и в этом согласованном положении стабилизировать его курсовым гироскопом на протяжении всего времени полета.

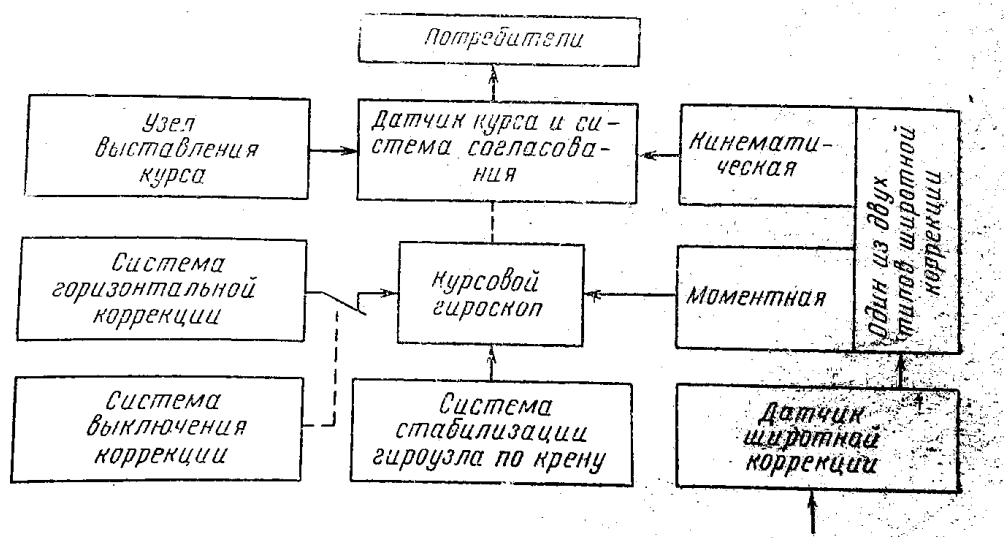


Рисунок 1- Функциональная схема курсовой системы в режиме ГПК.

**Курсовой гироскоп** представляет собой трехстепенный гироскоп с горизонтальным и свободным в азимуте положением главной оси. Гироскоп перемещается в карданном подвесе, ось наружной рамы которого расположена вертикально, а ось внутренней рамы – горизонтально. Ось наружной рамы, с которой связаны датчики курса, называется азимутальной или курсовой, а ось внутренней рамы – горизонтальной осью гироскопа. В качестве внутренней рамы используется кожух гироскопа.

**Датчик курса.** В гиросагрегатах курсовых систем шкалы курса нет, а на азимутальной оси устанавливается датчик курса–сельсин или потенциометр.

Если это сельсин, то его ротор крепится жестко на оси, а статор на корпуса гироагрегата. Ротор и статор сельсина имеют нулевые линии, при совпадении которых потребителям будет выдаваться курс  $0^0$ . Если в качестве датчика курса используется потенциометр, то каркас потенциометра крепится на оси, а щетки (обычно три) на корпусе гироагрегата. Как и в сельсинах, потенциометр и щетки имеют нулевые положения.

**Система согласования** во всех гироагрегатах состоит из двигателя, редуктора, электромагнитной муфты и усилителя.

**Узел выставления курса.** Курсовой гироскоп не имеет направляющей силы и самостоятельно согласовать датчик с меридианом исходным пунктом маршрута (ИПМ) не может, поэтому требуется начальное выставление курса.

Начальный курс выставляется на земле при запуске курсовой системы с помощью системы согласования по сигналам, поступающим с узла выставления курса.

**Система широтной коррекции** предназначена для компенсации ухода гироскопа в азимуте от суточного вращения Земли.

**Системы горизонтальной коррекции** предназначены для поддержания оси гироскопа в горизонтальном положении. Во всех курсовых системах применяются моментные системы горизонтальной коррекции с маятниковым чувствительным элементом—жидкостным или емкостным—и коррекционным двигателем на оси наружной карданной рамы.

**Система выключения коррекции** предназначена для отключения горизонтальной коррекции гироскопа на виражах.

**Система стабилизации гироскопа по крену** служит для исключения карданных погрешностей гирополукомпасов. Она обеспечивает поддержание оси наружной рамы в вертикальном положении при поперечных кренах самолета до  $50^0 - 60^0$ .

### Режим магнитной коррекции (МК).

В режиме МК (Рисунок 2) основным курсовым прибором служит индукционный компас-корректор, определяющий магнитный курс самолета.

Индукционный компас-корректор состоит из индукционного датчика и коррекционного механизма.

Индукционный датчик при помощи своего чувствительного элемента – системы магнитных зондов – непосредственно определяет компасный курс, а коррекционный механизм обеспечивает передачу его на агрегат. Кроме того, коррекционный механизм при помощи механического корректора позволяет устранять девиационные погрешности в магнитном курсе и инструментальные погрешности дистанционных передач.

С корректирующего механизма исправленный магнитный курс через систему согласования непрерывно и автоматически передается на датчик курса гироскопа, согласовывая последний с направлением магнитного меридиана места самолета независимо от положения оси гироскопа в азимуте.

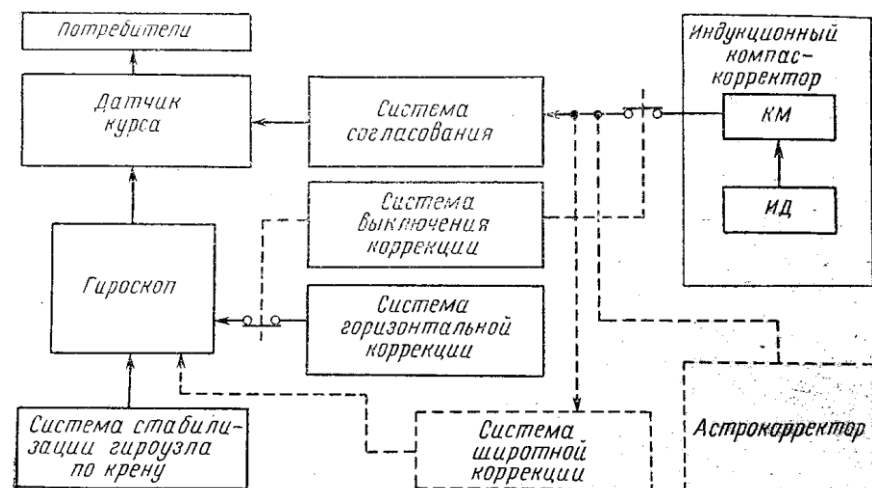


Рисунок 2- Функциональная схема работы курсовой системы в режиме МК (МК)

В результате непрерывного автоматического согласования датчика курса с индукционным датчиком угол между нулевыми линиями статора и щеток потенциометра датчиков всегда будет равен магнитному курсу

(Рисунок 3). Следовательно, потребителям будет передаваться магнитный курс, который в этом случае именуется гироманитным курсом.

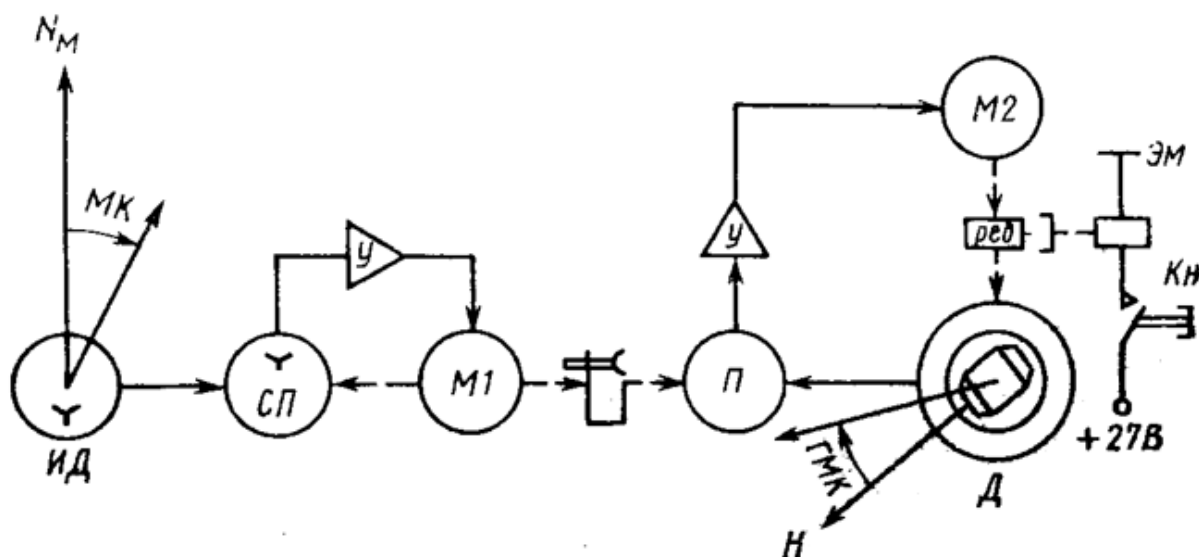


Рисунок 3- Схема магнитной коррекции гироагрегата

Система согласования имеет такой запас скорости, что кажущиеся уходы гироскопа вследствие вращения Земли и прецессионные уходы гироскопа от разбаланса и других причин будут полностью скомпенсированы. Поэтому необходимости в широтной коррекции гироскопа при работе в курсовой системы в режиме МК не возникает.

Система согласования гироагрегата одновременно является фильтром, подавляющим и не пропускающим короткопериодические колебания магнитного курса на датчик курса гироагрегата. Это достигается выбором большого передаточного числа редуктора двигателя системы согласования, которое в современных курсовых системах доходит до  $i = 3060000$  (ТКС-П). Однако и при таких передаточных числах редукторов максимальная выходная скорость согласования ( $1 - 1,5^0/\text{мин}$ ) превышает возможную максимальную скорость ухода гироскопа в азимуте ( $0,5^0/\text{мин}$ ).

**Индукционный датчик** предназначен для определения курса самолета. Он состоит из трех магнитных зондов, расположенных по сторонам равностороннего треугольника на платформе, которая при помощи карданного повеса удерживается в горизонтальном положении. Каждый зонд (Рисунок 4) состоит из двух пермалловых стержней, заключенных в

стеклянные трубки и пеналы, поверх которых намотаны две обмотки: обмотка подмагничивания (ОП) и сигнальная обмотка (СО).

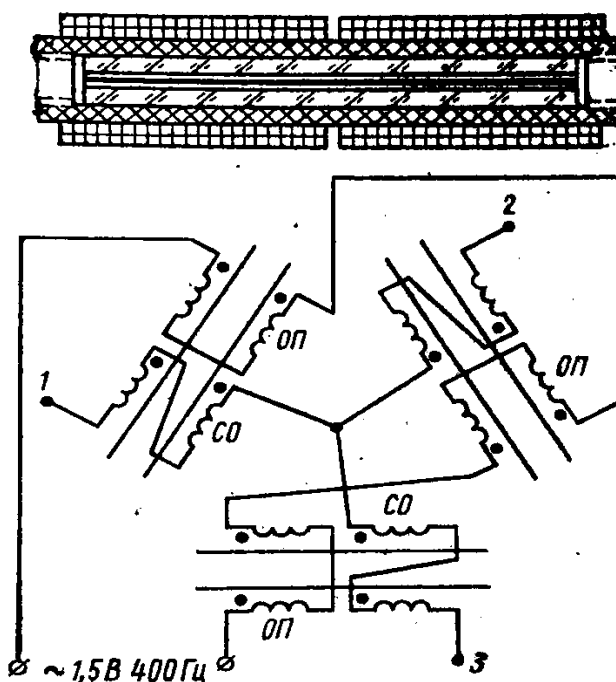


Рисунок 4- Электрическая схема индукционного датчика.

Отдельные секции обмотки подмагничивания соединяются последовательно и встречно так, чтобы при пропускании по ним тока их магнитные потоки взаимно компенсировались.

Коррекционный механизм предназначен для связи индукционного датчика с гироагрегатом и для устранения девиационных и инструментальных погрешностей в курсе. Коррекционный механизм включает себя элементы следящей системы «ИД-КМ» и следящей системы «КМ-ГА». Первая система служит для передачи курса с коррекционного механизма на гироагрегат ГА (Рисунок 3).

#### **Режим астрокоррекции (АК).**

Режим АК предусмотрен в курсовых системах тех самолетов, на которых устанавливаются астрономические компасы-корректоры.

Основным курсовым прибором КС в режимах АК является астрономический компас-корректор, определяющий ортодромический курс. Функциональная схема КС в режимах АК аналогична схеме в режиме МК

(Рисунок 3) с тем различием, что в режиме АК вместо индукционного компаса-корректора используется астрономический.

## **2 Выбор гироагрегата.**

В качестве гироагрегата выберем гироагрегат ГА-1М.

Гироагрегат курсовой системы предназначен:

для работы в качестве гиropolукомпоса ( в режиме ГПК);

для осреднения курса самолета, определяемого индукционным или астрономическим датчиком курса ( соответственно в режимах МК и АК);

для дистанционной выдачи курсов (ОК, ГМК и ОК<sub>а</sub>) на указатели системы.

Чувствительным элементом прибора служит курсовой гироскоп с горизонтальным и свободным в азимуте расположением оси собственного вращения.

В гироагрегатах ГА-1М применяется герметизированный газонаполненный гиromотор ГУА-20, представляющий собой сдвоенный трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутой роторной обмоткой. Внутренняя полость двигателя заполняется техническим водородом.

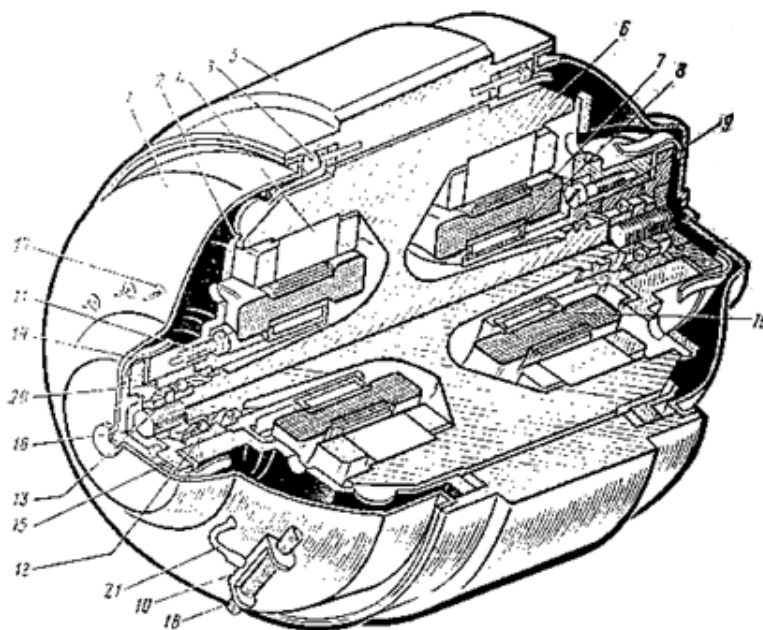


Рисунок 5 – Конструкция гиromотора ГУА-20.

На рисунке 5: 1-кожух; 2-крышка; 3,11,14-винты; 4-пакет ротора; 5-корпус; 6-ротор гироскопа; 7-обмотка статора; 8-пакет статора; 9-штулка; 10-кронштейн; 12-главный подшипник; 13-гайка; 15-упорный фланец; 16-заглушка; 17-стеклянный изолятор; 18-балансировочный винт; 19-шайба; 20-прокладка; 21-трубка для заполнения водородом.

Ось гироскопа в горизонтальном положении удерживает система горизонтальной коррекции. Жидкостный маятник ДЖМ-9Б крепится на кожухе гиromотора. В гироагрегате применена моментная широтная коррекция, исполнительным элементом которой служит коррекционный двигатель.

### **3 Разработка схемы магнитной коррекции.**

В 3-х степенном гироскопе присутствует такое явление как дрейф гироскопа. В результате этого явления накапливается ошибка, которую постоянно или периодически нужно устранять, вводить поправки.

Для устранения этой ошибки можно использовать различные приборы, такие как магнитные датчики, радиокompас, астрокомпас. Рассмотрим эти приборы.

#### **Магнитные датчики.**

**Магнитный компас** – это устройство для ориентации, путем указания на магнитные полюса Земли и стороны света. В магнитных компасах используют свойство намагниченной стрелки располагаться вдоль магнитных силовых линий магнитного поля Земли в направлении север-юг.

**Феррозонд** – это прибор, предназначенный для измерения напряженности магнитных полей. Действие феррозонда основано на смещении петли перемангничивания магнитомягких материалов под влиянием внешних магнитных полей. В простейшем варианте феррозонд состоит из стержневого ферромагнитного сердечника и находящихся в нем двух катушек: катушки возбуждения, питаемой переменным током, и измерительной (сигнальной) катушки.

### Датчик магнитного поля Земли.

Автор патента: Увакин В.Ф..

Использование: в малогабаритных компонентных магнитометрах и устройствах для определения ориентации движущихся объектов относительно геомагнитного поля. Технический результат - повышение точности измерения составляющих внешнего магнитного поля. Датчик магнитного поля содержит каркас с распределенными на нем обмоткой возбуждения и секциями измерительных обмоток, которые соединены попарно по двум ортогональным осям чувствительности и встречно по магнитодвижущим силам. Магнитопровод размещен в одной плоскости. Он состоит из четырех секторных кольцевых пластин с серповидными профилями концов с немагнитными зазорами между ними с возможностью смены и взаимного смещения пластин магнитопровода в процессе его симметрирования с подключенным технологическим измерительным блоком. Углы в плане четырех секторных кольцевых канавок в каркасе составляют  $85^\circ$  -  $95^\circ$ .

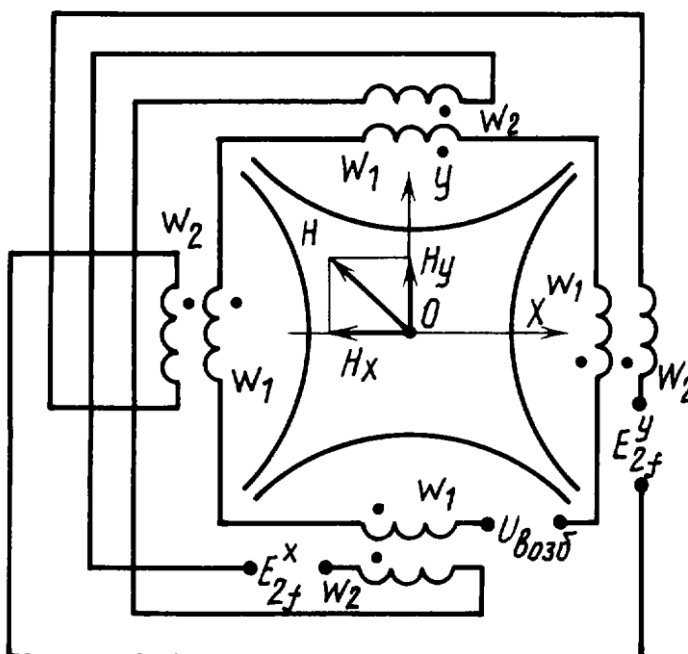


Рисунок 7- Датчик магнитного поля Земли

Изобретение относится к области контрольно-измерительной техники, в частности к компонентным датчикам магнитного поля (магнитометрам) и



устройствам для определения ориентации движущихся объектов относительно геомагнитного поля.

### **Цифровой феррозондовый магнитометр.**

Автор патента: Тыщенко А.К..

Предлагаемое изобретение относится к феррозондовым навигационным магнитометрам. Техническим результатом настоящего изобретения является повышение точности и стабильности измерения компонент вектора индукции магнитного поля, снижение стоимости и повышение надежности устройства. Технический результат достигается применением цифрового феррозондового магнитометра, отличающегося тем, что в него введены три регистра и мультиплексор. Применение мультиплексора с одноканальной схемой измерения позволило существенно повысить точность измерения компонент вектора индукции магнитного поля, снизив ошибки преобразования, обусловленные наличием трех измерительных каналов, а так же снизить стоимость и повысить надежность устройства, заменив три измерительных канала одним.

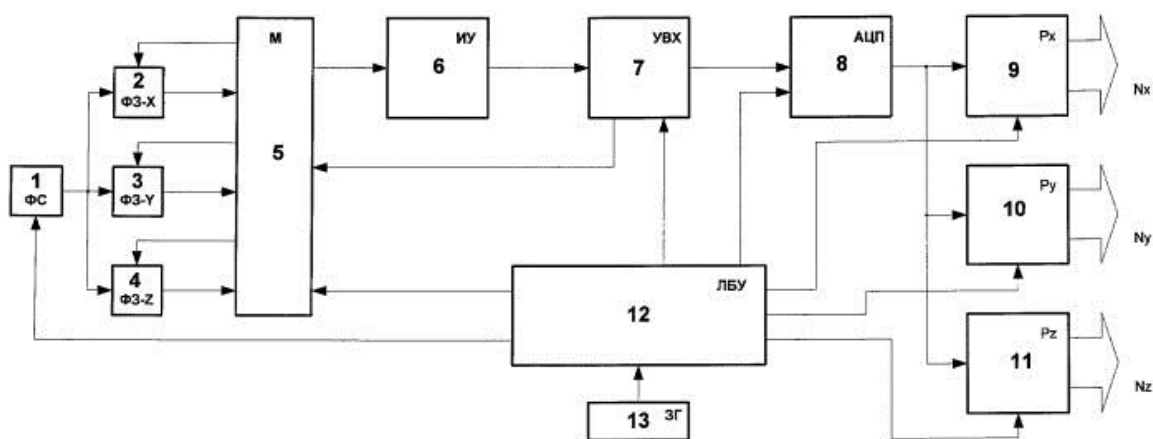


Рисунок 8- Цифровой феррозондовый магнитометр

### **Пассивный датчик переменного поля.**

Авторы патента: Бичурин М.И., Пукинский Ю.Ж., Ионов А.С., Иванов С.Н..

Датчик относится к измерительной технике и может быть применен для преобразования переменного магнитного поля в электрическое напряжение в составе измерительной аппаратуры и в различных системах

автоматического управления, а также в качестве питающего элемента. Техническим результатом изобретения является создание датчика переменного магнитного поля, который не требует для своей работы дополнительного питания, повышение чувствительности и расширение диапазона измеряемых переменных магнитных полей. Технический результат достигается за счет того, что пассивный датчик переменного магнитного поля содержит подложку и, по меньшей мере, один магниточувствительный элемент из многослойного или объемного магнитоэлектрического композиционного материала, содержащего магнитострикционную и пьезоэлектрическую фазы, на который нанесены токопроводящие обкладки. Датчик содержит также постоянный магнит, вектор магнитного поля которого сонаправлен с вектором поляризации пьезоэлектрической фазы магниточувствительного элемента. Кроме того, повышение чувствительности и расширение диапазона измеряемых величин магнитного поля осуществляются за счет достижения максимального эффекта в чувствительном элементе пассивного датчика переменного магнитного поля.

### **Магнитометрический датчик.**

Авторы патента: Рогатых Н.П. и Алимбеков Р.И..

Изобретение относится к инклинометрии, в частности к системам ориентации подвижных объектов, и предназначено для контроля параметров искривления скважин. Техническим результатом изобретения является уменьшение габаритных размеров и повышение точности измерений. Для этого датчик содержит три одинаковых феррозонда, оси чувствительности которых образуют с продольной осью цилиндрического корпуса одинаковые углы. Феррозонды расположены таким образом, что каждый из них может быть совмещен с остальными путем поворота вокруг продольной оси корпуса на угол  $\pm 120^\circ$ .

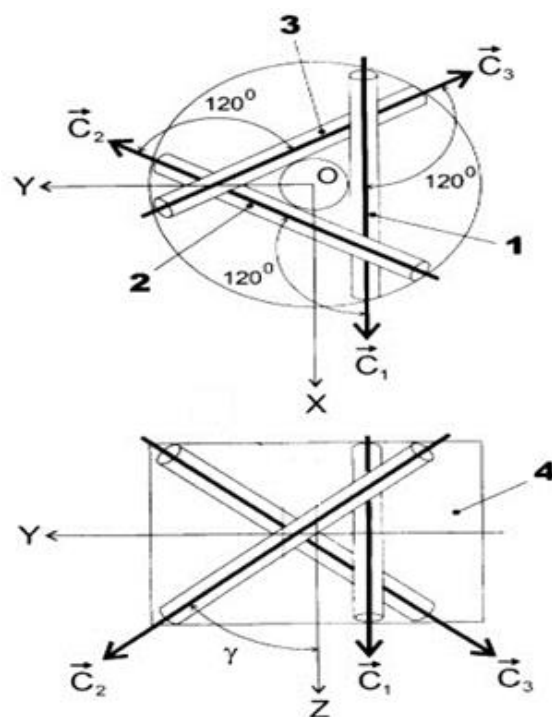


Рисунок 8 - Магнитометрический датчик

На рисунке 8: 1-3 – феррозондовые стержни; 4 – корпус

### **Астрокомпас**

Астрономическим компасом (астрокомпасом) называется прибор, позволяющий определить истинный курс летательного аппарата путем пеленгации небесных светил с учетом вращения Земли и координат места. Основным преимуществом таких компасов является независимость точности показаний от высоты, скорости, продолжительности или района полета (в том числе и непосредственной близости к географическим и магнитным полюсам Земли). Недостатком является то, что в реальности применять астрономический компас можно только при условии видимости навигационных светил.

Астрокомпасы могут применяться не только как средство точного самолетовождения, но и как эталонные курсовые приборы, с помощью которых можно устранять погрешности других компасов.

### **Радиокомпас**

Автоматическим радиокомпасом называется бортовой радиопеленгатор, предназначенный для навигации летательных аппаратов по

сигналам наземных радиостанций путем непрерывного измерения курсового угла радиостанции. Курсовой угол радиостанции – это угол, заключенный между продольной осью воздушного судна и направлением на радиостанцию, отсчитываемый по часовой стрелке. Радоикомпас называется автоматическим потому, что после настройки на несущую частоту радиостанции он без участия человека (оператора) непрерывно измеряет значение курсового угла радиостанции.

Радиокомпас и астрокомпас достаточно сложные устройства. Наиболее простыми являются магнитные датчики. Поэтому проще использовать в курсовой системе магнитный датчик.

#### **4 Разработка магнитного датчика, кинематическая схема, анализ работы.**

Как было уже сказано основным прибором в режиме магнитной коррекции является индукционный компас-корректор, который состоит из индукционного датчика и коррекционного механизма.

Основным недостатком индукционного датчика является то, что он может вести работу только в горизонтальной плоскости. Поэтому при выполнении виражей индукционный датчик вносит большие погрешности, поэтому связь его с гироскопом прерывается системой выключения коррекции. В этом случае гироскоп автоматически переключается в режим гироскопа (ГСК).

Для решения этой проблемы нужно изменить индукционный датчик на другой прибор, который будет измерять магнитный курс при любых виражах самолета.

В качестве нового магнитного датчика будет использоваться магнитометрический датчик, авторами которого являются Рогатых Н.П. и Алимбеков Р.И.. Описание датчика в пункте 3.

**Составим проекции магнитного поля Земли на продольную ось самолета**

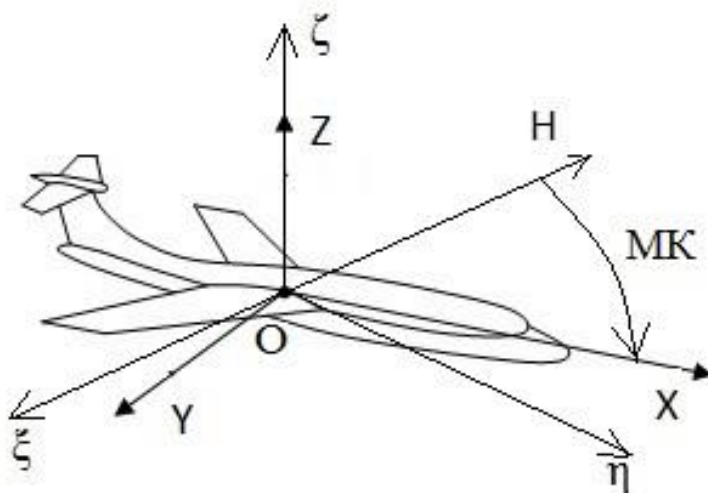


Рисунок 9 – Самолет в координатных осях

На рисунке 9:  $O\xi\eta\zeta$ - инерциальная опорная система координат,  $OXYZ$  – связанная система координат.

$$H \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\alpha)$$

**Составим структурную схему**

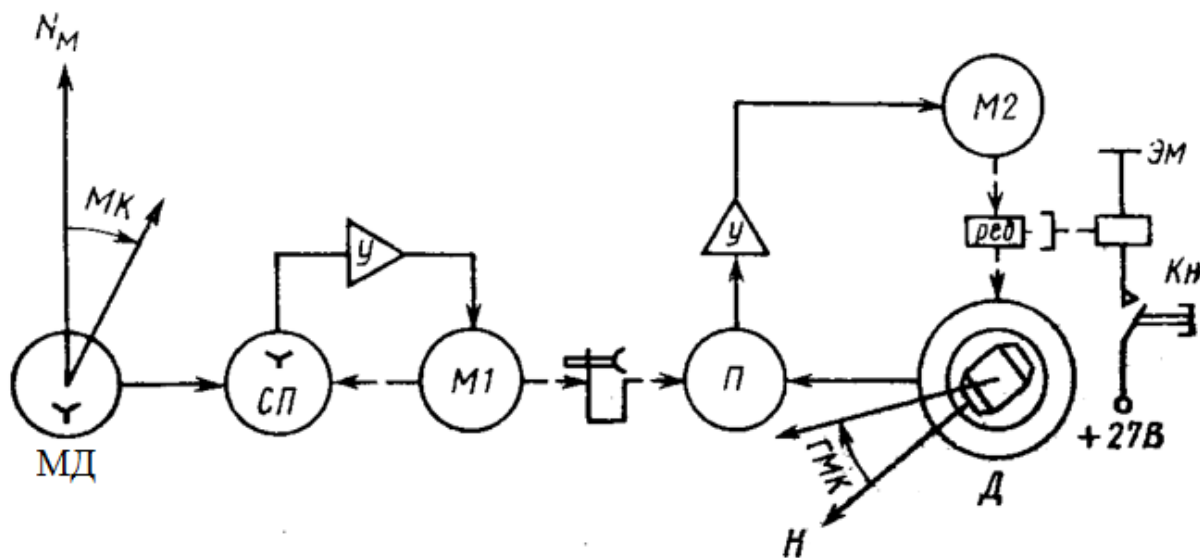


Рисунок 10 – Структурная схема

Магнитный датчик (МД) определяет магнитный курс самолета. Сигнал МД сравнивается с коррекционным механизмом (КМ). КМ характеризует положение вектора магнитного поля Земли. Статор сельсин-приемника (СП) повернут на угол магнитного курса относительно ротора. Сигнал согласуется

с КМ. КМ при помощи механического корректора позволяет устранить девиационные погрешности в магнитном курсе и инструментальные погрешности дистанционных передач. Исправленный магнитный курс сравнивается с положением гироагрегата (ГА). Затем исправленные показания поступают на указатели, согласуя положение стрелки с показанием гироманитного курса (ГМК).

#### Расчет следящей системы самолета.

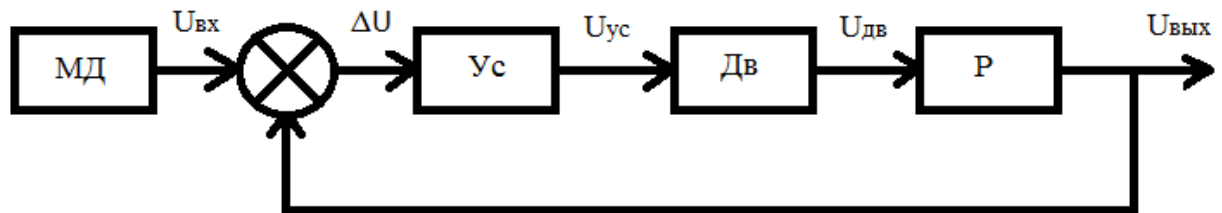


Рисунок 11 – Следящая система

На рисунке 11: МД- магнитометрический датчик; Ус- усилитель; Дв- двигатель; Р-редуктор.

#### Выбор элементов схемы.

Так как не происходит разработки новой следящей системы, то все элементы схемы будут выбираться из элементов, которые уже используются в следящих системах.

#### Выбор двигателя.

Выберем двигатель ДГ-2ТА.

Основные характеристики:

$\omega_{дв} = 16000$  об/мин – скорость вращения двигателя;

$\omega_n = 3 \frac{1}{с}$  – номинальная скорость;

$U = 36$  В – напряжения питания.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{U} = \frac{16000 \cdot 2 \cdot \pi}{36 \cdot 60} \approx 46,5 \frac{1}{с \cdot В},$$

$$k_p = \frac{\omega_{дв}}{\omega_n} = \frac{16000 \cdot 2 \cdot \pi}{3 \cdot 60} \approx 560,$$

$$k_{ус} = \frac{1,5}{1,5} = 1 \frac{В}{рад}$$

$$T_{\text{дв}} = \frac{1}{\omega_{\text{дв}}} = \frac{1 \cdot 60}{16000 \cdot 2 \cdot \pi} \approx 0,0006 \frac{1}{\text{с}}$$

Передаточная функция двигателя:

$$W_{\text{дв}} = \frac{k_{\text{дв}}}{p \cdot (T_{\text{дв}} \cdot p + 1)}$$

Передаточная функция системы:

$$W_c = \frac{k_{\text{ус}} \cdot k_{\text{дв}} \cdot k_p}{T_{\text{дв}} \cdot p^2 + p + k_{\text{ус}} \cdot k_{\text{дв}} \cdot k_p} = \frac{k_{\text{общ}}}{T_{\text{дв}} \cdot p^2 + p + k_{\text{общ}}},$$

где  $k_{\text{общ}} = k_{\text{ус}} \cdot k_{\text{дв}} \cdot k_p$

$k_{\text{ус}}$  - коэффициент усиления;

$k_{\text{дв}}$  - коэффициент двигателя;

$k_p$  - коэффициент редуктора.

$$k_{\text{общ}} = k_{\text{ус}} \cdot k_{\text{дв}} \cdot k_p = 1 \cdot 46,5 \cdot 560 \approx 26000$$

Приведем функцию к стандартному виду:

$$W(p) = \frac{1}{\frac{T_{\text{дв}}}{k} \cdot p^2 + \frac{1}{k} \cdot p + 1} = \frac{1}{2,3 \cdot 10^{-8} \cdot p^2 + 0,4 \cdot 10^{-4} \cdot p + 1}$$

Получили колебательное звено.

Колебательное звено в стандартной записи:

$$W(p) = \frac{1}{T^2 \cdot p^2 + 2 \cdot \xi \cdot T \cdot p + 1}$$

$$T^2 = 2,3 \cdot 10^{-8}$$

$$T = \sqrt{2,3 \cdot 10^{-8}} = 1,5 \cdot 10^{-4}$$

$$2 \cdot \xi \cdot T = 0,4 \cdot 10^{-4}$$

$$\xi = \frac{0,4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot T} = \frac{0,4 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 2,3 \cdot 10^{-4}} = 0,09$$

$\xi$ -относительный коэффициент демпфирования.

## 5 Разработка конструкции магнитного датчика

Основным критерием разработки конструкции магнитного датчика является его компактность.

Для крепления феррозондов используется цилиндр, в котором пропилены отверстия для размещения их. К феррозондам подпаиваются провода. Они вставляются в пропилы и крепятся винтами.

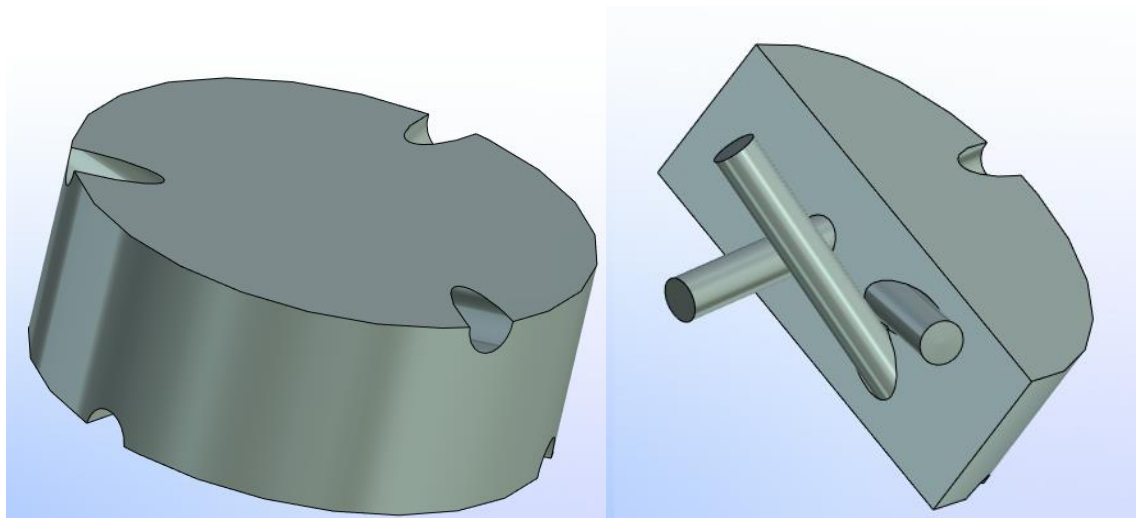


Рисунок 12 – Цилиндр

Затем другой конец провода подпаивается к разъему. Далее цилиндр с феррозондами ставится в нижнюю часть кожуха.

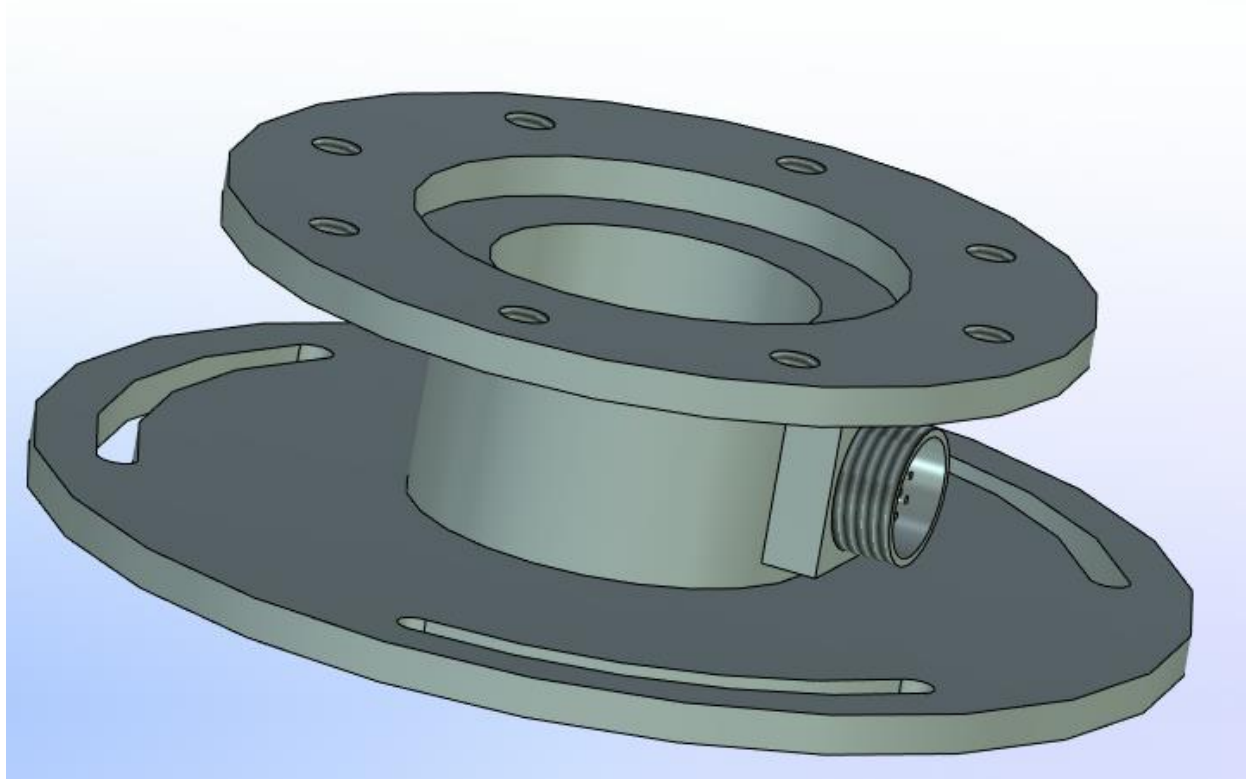


Рисунок 13 – Основание кожуха



После этого все закрывается крышкой.

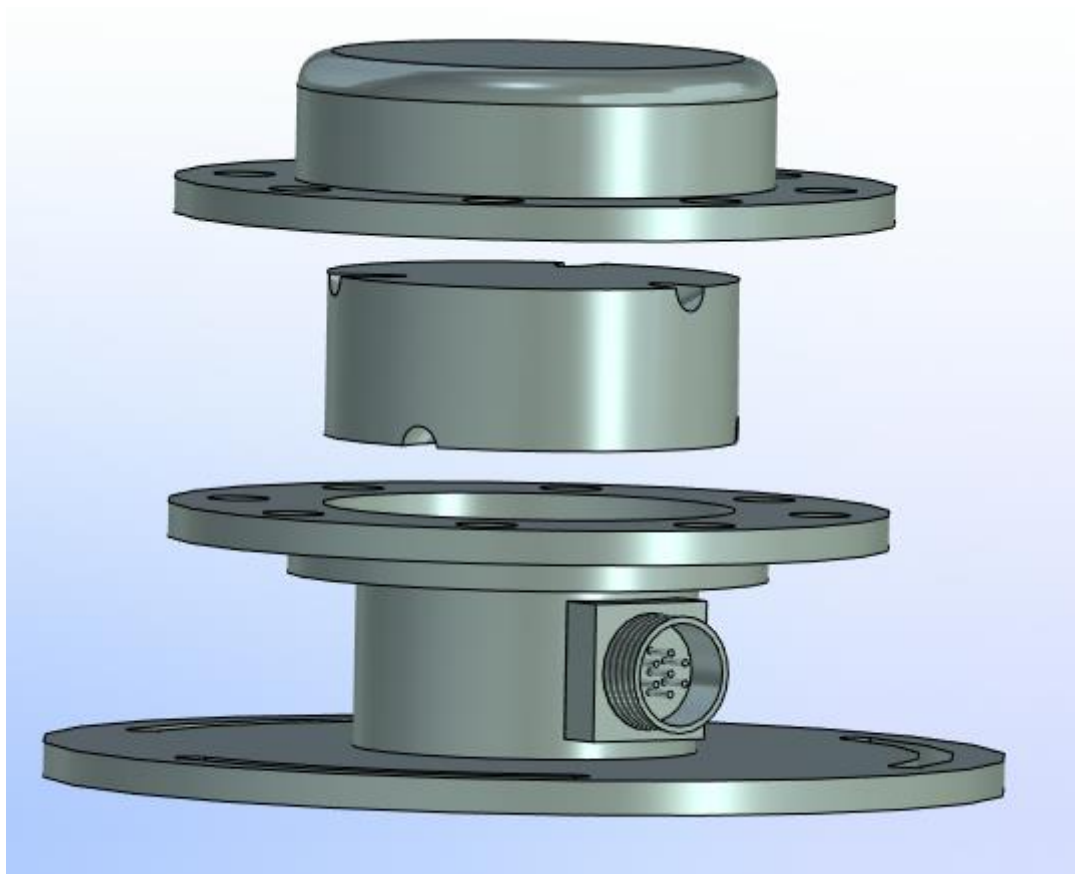


Рисунок 14 – Цилиндр в кожухе  
Закручиваются винты.

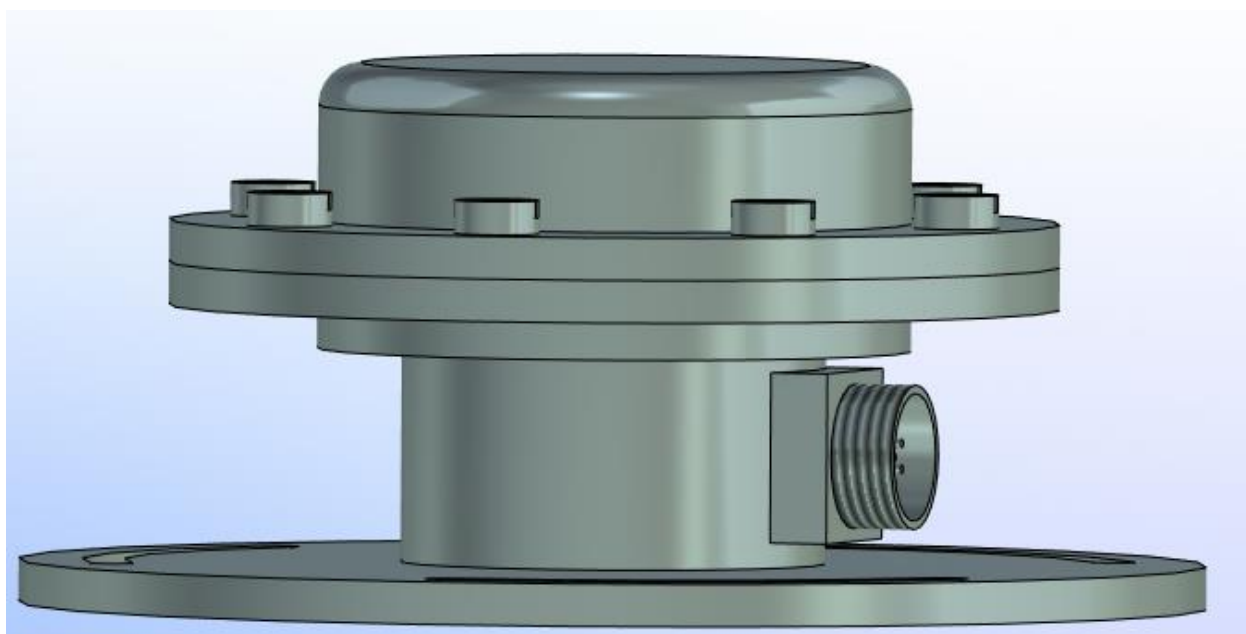


Рисунок 15 – Конструкция магнитного датчика

Список литературы:

1. FindPatent.ru - патентный поиск, 2012-2016
2. Богданченко Н.М. Курсовые системы и навигационные вычислители самолетов гражданской авиации. – М.; «Транспорт», 1978. – 271с.